



IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Re the Application of:

Inventor : Dong-Jae Shin et al. Examiner : Delma R. Flores Ruiz  
Serial No. : 10/730,568 Group Art Unit : 2828  
Filed : December 8, 2003  
Title : METHOD FOR MAINTAINING WAVELENGTH-LOCKING OF FABRY  
PEROT LASER REGARDLESS OF CHANGE OF EXTERNAL  
TEMPERATURE AND WDM LIGHT SOURCE USING THE METHOD

Mail Stop ISSUE FEE  
Commissioner for Patents  
P.O. Box 145  
Alexandria, VA. 22313-1450

**LETTER**


Sir:

Applicant calls to the attention of the Patent and Trademark Office a Search Report issued abroad in reference to a corresponding foreign application. A copy of the Search Report dated November 7, 2006 is attached.

The enclosed Search Report is not intended to be construed as an admission by the Applicant that any of the references cited therein is material.

Respectfully submitted,

CHA & REITER

  
By: Steve S. Cha  
Attorney for Applicant

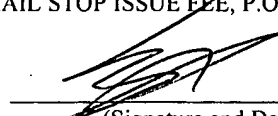
Date: January 19, 2007

Mail all correspondence to:  
CHA & REITER  
210 Route 4 East, Suite #103  
Paramus, NJ 07652  
Phone: (201) 226-9245

Certificate of Mailing Under 37 CFR 1.8

I hereby certify that this correspondence is being deposited with the United States Postal Service as first class mail in an envelope addressed to MAIL STOP ISSUE FEE, P.O. BOX 1450, ALEXANDRIA, VA. on January 19, 2007.

Steve Cha, Reg. No. 44,069  
(Name of Registered Rep.)

  
(Signature and Date)

## 拒絶理由通知書

特許出願の番号	特願 2004-120738
起案日	平成 18 年 10 月 24 日
特許庁審査官	居島 一仁 9205 2K00
特許出願人代理人	志賀 正武 (外 1 名) 様
適用条文	第 29 条第 2 項、第 36 条

この出願は、次の理由によって拒絶をすべきものである。これについて意見があれば、この通知書の発送の日から 3 か月以内に意見書を提出して下さい。

### 理 由

1. この出願は、特許請求の範囲の記載が下記の点で、特許法第 36 条第 6 項第 2 号に規定する要件を満たしていない。

#### 記

・特許請求の範囲請求項 3、9、13 には、「バイアス電流が前記ファブリーペローレーザーのしきい値電流の 0.5 倍以上、1.5 倍以下になるように調整」なる記載があるが、『しきい値電流』は温度依存性がある前提での発明であることから、どの時点の『しきい値電流』の大きさが不明であり、よって、バイアス電流の範囲が不明である。

よって、請求項 3、9、13 に係る発明は明確でない。

2. この出願の下記の請求項に係る発明は、その出願前に日本国内又は外国において、頒布された下記の刊行物に記載された発明又は電気通信回線を通じて公衆に利用可能となった発明に基いて、その出願前にその発明の属する技術の分野における通常の知識を有する者が容易に発明をすることができたものであるから、特許法第 29 条第 2 項の規定により特許を受けることができない。

記 (引用文献等については引用文献等一覧参照)

・請求項 1、2、4 から 8、10 から 12 について  
引用文献 1

引用文献 1 には、温度に応じてバイアス電流を調整する手段を具備した光通信用ファブリーペローレーザーが記載されており、同レーザーを周知の光通信用波

長分割多重方式光源や波長ロック維持方法に採用することにより、請求項1、2、4から8、10から12に係る発明のように構成することは、当業者であれば容易に想到しうることである。

・請求項3、9、13について

引用文献1

請求項3、9、13に記載された限定事項に関し、「バイアス電流が前記ファブリーペローレーザーの所定の温度でのしきい値電流の0.5倍以上、1.5倍以下になるように調整」するものと認める。

各種制御の技術分野において、回路保護等の理由により制御範囲を所定の範囲限定することは、例示するまでもない周知技術であることから、ファブリーペローレーザーにおいても、同技術に基づき適宜の範囲でバイアス電流の制御範囲を設定することに技術的困難性は認められない。

#### 引用文献等一覧

1. 特開平10-27934号公報

\*この拒絶理由通知の内容に関する問い合わせ、または面接希望の際の連絡先。

特許審査第一部 光デバイス 居島 一仁 (いじまかずのり)

TEL. 03(3501)6961, FAX. 03(3580)6903

---

#### 先行技術文献調査結果の記録

・調査した分野 H01S3/00-5/50

・先行技術文献 特開2002-270949号公報

特表2002-525879号公報

Hyun Deok Kim et.al., A Low-Cost WDM Source with an ASE Injected Fabry-Perot Semiconductor Laser, IEEE Photonics Technology Letters, 2000年, Vol.12 No.8, p.1067-1069

この先行技術文献調査結果の記録は、拒絶理由を構成するものではない。

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-027934

(43)Date of publication of application : 27.01.1998

(51)Int.Cl.

H01S 3/18

(21)Application number : 08-178893

(71)Applicant : MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD

(22)Date of filing : 09.07.1996

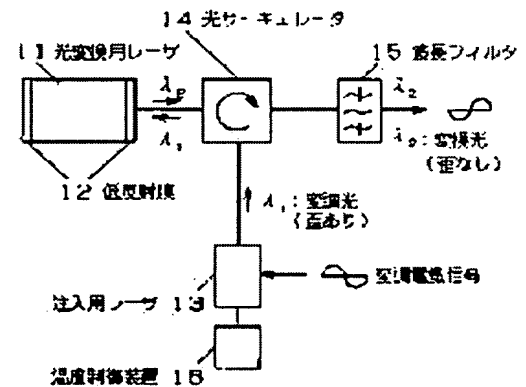
(72)Inventor : TOGO HITOMARO  
WAKABAYASHI SHINICHI  
TOYODA YUKIO  
TAKEUCHI YOSHINORI

## (54) MODULATION DISTORTION COMPENSATING SEMICONDUCTOR DEVICE

## (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To simultaneously suppress the chirping and the modulation distortion requiring of no complicated electric circuit at all by a method wherein the wavelength of injecting beams is slipped by a given amount from the wavelength corresponding to Fabry-Perot mode of conversion semiconductor laser for removing the modulation distortion contained by conversion beams.

**SOLUTION:** The wavelength of injecting beams is set up by adjusting the operational temperature and the bias current of an injection laser 13. In order to adjust the operational temperature, a given bias current is fed to a conversion laser 11 and a injection laser 13 for laser oscillation. Modulation electric signal is inputted to the injection laser 13 so as to inject the injection beams corresponding to the modulation electric signal to the conversion laser 11. Besides, the operational temperature of the injection laser 11 is modified using a temperature regulator 16 so as to maximize the intensity of the conversion beams emitted from the conversion laser 11. Through these procedures, the light conversion removing the modulation distortion for distortion compensation requiring of no complicated electric circuit at all thereby enabling the chirping to be reduced.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

長分割多重方式光源や波長ロック維持方法に採用することにより、請求項1、2、4から8、10から12に係る発明のように構成することは、当業者であれば容易に想到しうることである。

- ・請求項3、9、13について  
引用文献1

請求項3、9、13に記載された限定事項に関し、「バイアス電流が前記ファブリーペローレーザーの所定の温度でのしきい値電流の0.5倍以上、1.5倍以下になるように調整」するものと認める。

各種制御の技術分野において、回路保護等の理由により制御範囲を所定の範囲限定することは、例示するまでもない周知技術であることから、ファブリーペローレーザーにおいても、同技術に基づき適宜の範囲でバイアス電流の制御範囲を設定することに技術的困難性は認められない。

#### 引用文献等一覧

1. 特開平10-27934号公報

\*この拒絶理由通知の内容に関する問い合わせ、または面接希望の際の連絡先。

特許審査第一部 光デバイス 居島 一仁 (いじまかずのり)

TEL. 03(3501)6961, FAX. 03(3580)6903

---

#### 先行技術文献調査結果の記録

- ・調査した分野 H01S3/00-5/50
- ・先行技術文献 特開2002-270949号公報  
特表2002-525879号公報  
Hyun Deok Kim et.al., A Low-Cost WDM Source with an ASE Injected Fabry-Perot Semiconductor Laser, IEEE Photonics Technology Letters, 2000年, Vol.12 No.8, p.1067-1069

この先行技術文献調査結果の記録は、拒絶理由を構成するものではない。

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平10-27934

(43)公開日 平成10年(1998)1月27日

(51)Int.Cl.<sup>6</sup>

H01S 3/18

識別記号

庁内整理番号

FI

H01S 3/18

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数11 OL (全 8 頁)

(21)出願番号 特願平8-178893

(22)出願日 平成8年(1996)7月9日

(71)出願人 000005821

松下電器産業株式会社

大阪府門真市大字門真1006番地

(72)発明者 東郷 仁磨

神奈川県川崎市多摩区東三田3丁目10番1

号 松下技研株式会社内

(72)発明者 若林 信一

神奈川県川崎市多摩区東三田3丁目10番1

号 松下技研株式会社内

(72)発明者 豊田 幸雄

神奈川県川崎市多摩区東三田3丁目10番1

号 松下技研株式会社内

(74)代理人 弁理士 滝本 智之 (外1名)

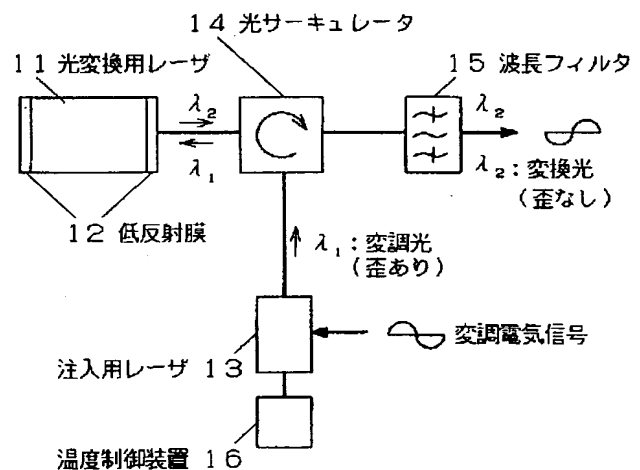
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 変調歪補償半導体装置

(57)【要約】

【課題】 光通信や光情報処理の分野等のなどにおける光変調器や波長変換器などに好適に適用可能であって、複雑な電気回路を必要とせず、注入用レーザの直接変調時に生じたチャープングだけでなく、変調歪も同時に抑制する変調歪補償半導体装置を提供する。

【解決手段】 ファブリペローモードを有し変換光を出射する変換用半導体レーザ11に対して、注入用半導体レーザ13から変調可能である注入光を入射する構成を備え、注入光の波長は、変換用半導体レーザ11のファブリペローモードに対応した波長から所定量ずれており、変換光に含まれる変調歪が除去され得る構成を有する変調歪補償半導体装置である。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 少なくとも一つのファブリペローモードを有し変換光を出射する変換用半導体レーザと、変調可能であって前記変換用半導体レーザの活性領域の少なくとも一部に注入される注入光を出射する注入用半導体レーザとを備え、前記注入光の波長は、前記変換用半導体レーザのファブリペローモードに対応した波長から所定量ずれており、前記変換光に含まれ得る変調歪が除去される変調歪補償半導体装置。

【請求項2】 注入光の波長の変換用半導体レーザのファブリペローモードに対応した波長からのずれは、光変換効率における注入光の波長依存性に基づき決定される請求項1記載の変調歪補償半導体装置。

【請求項3】 注入光の波長は、変換用半導体レーザのファブリペローモードに対応した波長の近傍にある請求項2記載の変調歪補償半導体装置。

【請求項4】 注入光の波長は、変換用半導体レーザのファブリペローモードに対応した波長から $\pm 0.01\text{ nm}$ 以内の近傍にある請求項3記載の変調歪補償半導体装置。

【請求項5】 変換用半導体レーザ及び注入用半導体レーザは、単一モード半導体レーザである請求項1から4のいずれかに記載の変調歪補償半導体装置。

【請求項6】 変換用半導体レーザの共振器の方向の少なくとも一方の端面に、低反射膜が設けられた請求項1から5のいずれかに記載の変調歪補償半導体装置。

【請求項7】 低反射膜の反射率は、 $1.0\%$ 以下である請求項6記載の変調歪補償半導体装置。

【請求項8】 注入用半導体レーザ及び変換用半導体レーザの少なくとも一方の動作温度の調整により波長の調整をする請求項1から7のいずれかに記載の光制御装置。

【請求項9】 注入用半導体レーザ及び変換用半導体レーザの少なくとも一方のバイアス電流の調整により波長の調整をする請求項1から7のいずれかに記載の光制御装置。

【請求項10】 変換用半導体レーザは、クエンチング効果を呈する請求項1から9のいずれかに記載の光制御装置。

【請求項11】 変換光の波長と注入光の波長は、互いに異なる請求項1から10のいずれかに記載の光制御装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、半導体装置に関し、特に光通信の分野や光情報処理の分野等における光変調器や波長変換器などに好適に適用可能な変調歪補償半導体装置に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】 近年、多チャンネルCATV（ケーブル

テレビ）やHDTV（ハイビジョンテレビ）等の技術の進展にともなう高密度な画像情報を伝送するために、高帯域伝送可能な光通信の実現が一層期待されている現状にある。

【0003】 例えば、高帯域光通信を実現する優れた技術として、光を搬送波として周波数多重化する方法（いわゆるSCM方式）がある。

【0004】 この方式は、アナログ方式であるため、変調時の線形性、すなわち変調歪が小さいことが要求される。

【0005】 また、変調歪の小さい従来の光変調方式としては、半導体レーザの駆動電流を変調する直接変調方式がある。

【0006】 しかしながら、この直接変調方式を用いると変調時に生じる波長変動（チャージング）が大きいため、長距離の光伝送が困難になる。

【0007】 このチャージングという課題を解決するため、半導体レーザへの光注入する構成のものも提案されている。

【0008】 以下、この従来技術について述べる。図5は、従来の光注入を利用した変調・波長変換装置の構造図である。

【0009】 51は光変換用レーザ、52は波長変換用レーザ51の共振方向の端面に設けられた無反射膜、53は変調信号に対応した変調光を出射する注入用レーザ、54は光アイソレータ、55は光サーキュレータ、56は波長フィルタである。

【0010】 ここで、光変換用レーザ51は、半導体レーザが好適に用いられ、また光サーキュレータ52は、変調光を光変換用レーザ51へ伝搬させ、変換光を波長フィルタ56側へ伝搬させる機能があるものであればよく、変調光を光変換用レーザ51への光路へ結合する光結合器等にも置換可能である。

【0011】 このような構成において、まず変調電気信号を注入用レーザ53に入力し、注入用レーザ53を直接変調し、このように直接変調された注入用レーザ53から出射される変調信号に対応し波長 $\lambda_1$ の変調光を、光アイソレータ54、光サーキュレータ55を介して、光変換用レーザ51に注入する。この際、光変換用レーザ51は発振状態に維持され、注入光の波長 $\lambda_1$ と異なった波長 $\lambda_2$ の光を出射している。

【0012】 このような状態の光変換用レーザ51から出射される光は、変調電気信号に対応して変調されているのみならず、変調光の波長を $\lambda_1$ とすると、波長が $\lambda_1$ から $\lambda_2$ に変換されており、このような変換光が、波長フィルタ56を通過後出力される。

【0013】 ここで、光変換用レーザに、レーザの光消費効果（クエンチング効果）を呈する半導体レーザを用いた場合には、直接変調方式に比べてチャージングを効果的に低減することができ、長距離の光伝送に用い得



る。このクエンチング効果とは、発振しているレーザ中に外部光を入射するとレーザ光の強度が減少する現象をいう。

【0014】なお、光アイソレータ54は、注入用レーザ53に戻り光が入射しないように設けたものであり、波長フィルタ56は、注入光と変換光を選択して変換光だけを通過させるものである。

【0015】

【発明が解決しようとする課題】しかし、従来のチャージング抑制可能な変調・波長変換装置では、チャージングは低減できるが、変調歪を小さくする機能はない。

【0016】そのため直接変調する注入用レーザとして低歪の高性能なレーザを用いる必要があり、コストが高くなってしまうという課題があった。

【0017】もちろんレーザの変調歪を消すために、注入用レーザに電気信号を入力する前に電気回路を用いて歪を補償するという構成も取り得るが、このためには複雑な電気回路が必要となる。

【0018】本発明は、このような複雑な電気回路を必要とせず、注入用レーザの直接変調時に生じたチャージングだけでなく、変調歪も同時に抑制する半導体装置を提供することを目的とする。

【0019】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するために、本発明の変調歪補償半導体装置は、ファブリペローモードを有し変換光を出射する変換用半導体レーザに対して、注入用半導体レーザから変調可能である注入光を入射する構成であり、注入光の波長は、前記変換用半導体レーザのファブリペローモードに対応した波長から所定量ずれており、変換光に含まれる変調歪が除去され得る構成を有する。

【0020】そして、このような構成により、複雑な電気回路を必要とせず、注入用レーザの直接変調時に生じたチャージングだけでなく、変調歪も同時に抑制することができる。

【0021】

【発明の実施の形態】請求項1記載の本発明は、少なくとも一つのファブリペローモードを有し変換光を出射する変換用半導体レーザと、変調可能であって前記変換用半導体レーザの活性領域の少なくとも一部に注入される注入光を出射する注入用半導体レーザとを備え、前記注入光の波長は、前記変換用半導体レーザのファブリペローモードに対応した波長から所定量ずれており、前記変換光に含まれ得る変調歪が除去される変調歪補償半導体装置である。

【0022】このような構成により、注入光を変調したこと起因した変換光に含まれる変調歪を除去して変調歪を補償する。

【0023】ここで、請求項2記載のように、注入光の波長の変換用半導体レーザのファブリペローモードに対

応した波長からのずれは、光変換効率における注入光の波長依存性に基づき決定されることが好適であり、確実に変換光に含まれる変調歪を除去する。

【0024】より具体的には、請求項3記載のように、注入光の波長は、変換用半導体レーザのファブリペローモードに対応した波長の近傍、つまり請求項4記載のように、変換用半導体レーザのファブリペローモードに対応した波長から±0.01nm以内の近傍にあることが好適である。

【0025】また、請求項5記載のように、変換用半導体レーザ及び注入用半導体レーザは、単一モード半導体レーザであれば、より確実に変換光に含まれる変調歪を除去し得る。

【0026】また、請求項6記載のように、変換用半導体レーザの共振器の方向の少なくとも一方の端面に、低反射膜が設けられた構成とすれば、変換用半導体レーザのファブリペローモードが確実に発生し、さらに請求項7記載のように、低反射膜の反射率は、10%以下であることが好適である。

【0027】また、変換用半導体レーザのファブリペローモードに対する注入光の波長の調整は、請求項8記載のように、注入用半導体レーザ及び変換用半導体レーザの少なくとも一方の動作温度の調整、または請求項9記載のように、注入用半導体レーザ及び変換用半導体レーザの少なくとも一方のバイアス電流の調整により行なうことが好適である。

【0028】また、請求項10記載のように、変換用半導体レーザは、クエンチング効果を呈することが好適で、チャージングをも併せて低減し得る。

【0029】また、請求項11記載のように、変換光の波長と注入光の波長は、互いに異なる構成であれば、注入光の混在しない変換光の出力が可能となる。

【0030】以上まとめれば、次の3つの条件を有することが好適である。第1に、注入用単一モード半導体レーザと変換用単一モード半導体レーザを有し、注入用レーザ光が前記変換用レーザの活性層内に注入できる一般的な波長変換方式の構造を有する。

【0031】第2に、注入光波長での反射率が、ゼロより大きく10%より小さい反射膜が波長変換用レーザのへきかい両端面にコーティングされている。

【0032】第3に、注入用レーザの発振波長が、変換用レーザのへきかい両端面からなるファブリペローモード（以下FPモードという。）のどれか一つの波長の近傍にある。

【0033】以下、本発明の実施の形態について、図を用いて詳細に説明する。図1は、本発明の実施の形態の変調歪補償装置の構成を示す。

【0034】11は光変換用半導体レーザ、12は光変換用半導体レーザ11の共振器の方向の端面に設けられた低反射膜、13は光変換用半導体レーザ11の活性層

の少なくとも一部に注入される注入光を出射する注入用半導体レーザ、14は光サーキュレータ、15は波長フィルタ、16は温度制御装置である。

【0035】ここで、光変換用半導体レーザ11と注入用半導体レーザ13は、いわゆる分布帰還型半導体レーザ(DFBレーザ)を用いたが、分布反射型半導体レーザ(DBRレーザ)も使用可能で、そしてこれらの単一モード光を出射する単一モードレーザを用いれば、所望のモードを光路中等で調整する必要がなくより好適である。

【0036】また、注入用レーザ13の発振波長 $\lambda_1$ は、変換用レーザ11の発振波長 $\lambda_2$ とは異なる発振波長とし、さらに変換用レーザ11のクエンチング効果を得るために、注入用レーザ13の発振波長は、変換用レーザ11の光利得が正である領域、一般的には、変換用レーザ11の発振波長から約10nm以内の領域に設定すればよい。具体的には、本実施の形態では、注入用レーザ13の発振波長を1.317 $\mu$ m、変換用レーザ11の発振波長を1.312 $\mu$ mとした。

【0037】また、注入用レーザ13は、一般的なDFBレーザと同様に作製可能であるが、変換用レーザ11は、低反射膜12のコーティングを除いて同様である。

【0038】この変換用レーザ11の低反射膜12は、プラズマCVDを用いたSiO<sub>x</sub>多層膜を用い、膜厚を制御することによって所望の反射率を得たものである。通常のDFBレーザは、FPモードを抑制するためにレーザが出射する前方の端面には無反射膜をコーティングし、出射光強度を大きくするために後方の端面には高反射膜をコーティングするが、本実施の形態では、FPモードを意図的に残すために、前方及び後方の端面を低反射膜としたものである。

【0039】この低反射膜の反射率は0%より大きく約10%以下に設定することが好適である。具体的には、本実施の形態では、反射率を5%に設定した。

【0040】というのは、反射率が10%より大きくなると、光変換効率自体は大きくすることができ、波長依存性が大きくなりすぎ、注入光波長をFPモードに一致させる制御が困難になり、変調歪の補償も容易ではなくなるからである。

【0041】具体的に、図2に、光変換効率のFPモードに対応した波長を含む波長域の注入光波長依存性を示す。

【0042】ここに、説明の便宜上、変換用レーザ11の両端面の反射率(R)を等しいとした。

【0043】図2は、利得を一定にしたとき、R=5%とR=0.1%のときの光変換効率を示しており、光変換効率は、注入光波長が、FPモード波長( $\lambda_{FP1}$ と $\lambda_{FP2}$ )に等しいところでピークをもつことがわかる。

【0044】これらのピークは、一般的なファブリペローフィルタの反射特性と異なり光利得が存在するため、

反射率が小さいにも関わらず、非常に鋭いピークとなる。

【0045】そして、反射率の値が大きくなればなるほどピークは鋭くなり、より大きな光変換効率を得られることにはなるが、反射率が10%以下の低反射膜を用いれば光変換効率が100%以上のものが得られるので、この面からは反射率をこれ以上大きくする必然性はない。

【0046】さらに、反射率が10%を越えて大きくなると光変換効率のピークが鋭くなり過ぎ、注入光の波長をFPモードの波長に対応して後述するように制御することが困難になるために、この面からも反射率は10%以下に抑えた方が好適でもある。

【0047】以上より、光変換用レーザ共振器の端面は、10%以下の低反射膜にしてFPモードを残すことが好適と考えられる。

【0048】もちろん、FPモードが残れば前方のみを同様な低反射膜とし、後方を一般的な高反射膜としても充分機能する。

【0049】次に、本実施の形態の変調歪補償の動作原理について説明する。図3(a)に、注入用レーザ13の入力電流Iに対する注入光強度 $P_1$ の関係を示す。

【0050】また、図3(b)に、バイアス電流 $I_0$ 付近における注入用レーザ13の変調電流iに対する注入光強度の変化 $p_1$ の関係を示す。

【0051】ここで、注入用レーザ13の光強度変化 $p_1$ を近似的に以下の(数1)のように表す。

【0052】

【数1】

$$p_1(i) = a_1(i - a_2 \times i^2)$$

【0053】ここに、(数1)中の $a_2$ は、2次の変調歪量を表す定数であり、ゼロであることが望ましいが、通常は正の定数である。なお仮に、iの3乗に比例する項があると、3次変調歪の原因になるが、ここでは十分小さいと見積った。

【0054】そして、注入光を変換用レーザに注入すると、クエンチング効果により、注入光信号(強度 $p_1$ )が変換光信号(強度 $p_2$ )に変換されるが、 $p_1$ と $p_2$ とは、以下の(数2)のような関係にある。

【0055】

【数2】

$$p_2 = -p_1 \times C$$

【0056】ここに、Cは光変換効率である。従って、(数1)で示されるような2次歪を含む強度 $p_1$ の注入光を、変換用レーザ11に注入すると、変換光の強度 $p_2$ は、以下の(数3)のようになる。

【0057】

【数3】

$$p_2(i) = -a_1(i - a_2 \times i^2) \times C$$

【0058】ここで、光変換効率 $C$ が $i$ によらず一定とした場合における変換光の強度 $p_2$ の変調電流 $i$ に対する関係を図4(a)中の点線で示す。つまり、光変換を行っても注入光の2次歪は、変換光中にそのまま残ることがわかる。

【0059】一方、図4(b)にFPモード( $\lambda_{FP}$ )近傍の光変換効率 $C(\lambda)$ の注入光波長に対する関係を示す。ここで、簡単のためFPモードでの光変換効率 $C(0)$ を1(100%)とした。

【0060】FPモード( $\lambda_{FP}$ )近傍の光変換効率 $C$ の注入光波長( $\lambda_1$ )に対する依存性を、図4(b)の点線で示すような2次関数で便宜上近似すると、 $C(\lambda)$ は、以下の(数4)のように表される。

$$C(\lambda + \delta\lambda) = C(\lambda) + C'(\lambda) \delta\lambda = C(\lambda) - 2c_2 \times \lambda \times b \times i$$

【0064】(数5)を(数2)の $C$ に代入すると、以下の(数6)が成り立つ。

$$p_2(i) = -a_1 \times C(\lambda) [i - \{a_2 + 2b \times c_2 \times \lambda / C(\lambda)\} \times i^2]$$

【0066】よって、光変換後の2次の変調歪は、以下の(数7)で示す $D$ に比例することがわかる。

【0067】

【数7】

$$D = a_2 + 2b \times c_2 \times \lambda / C(\lambda)$$

【0068】ということは、仮に注入光の設定波長を $\lambda$ がゼロ(すなわち注入光波長 $\lambda_1$ が $\lambda_{FP}$ に等しい)としたならば、2次歪は $D = a_2$ となり、光変換前と変わらないが、 $\lambda$ をゼロでない値に設定すると、光変換後の2次歪は光変換前の注入光の歪( $a_2$ )と異なる値を有し得ることがわかる。

【0069】ここで、注入光の波長 $\lambda_1$ がFPモード波長に近いとすると、つまり $\lambda \sim 0$ とすると、 $C(\lambda)$ は1にほぼ等しいので、 $D = a_2 + 2b \times c_2 \times \lambda$ となる。この場合、 $\lambda = -a_2 / (2(b \times c_2))$ となるように注入光の波長を設定すると、 $D$ がほぼゼロとなり、2次の変調歪を完全に消すことができることになる。

【0070】このようにして変調歪を補償した変換光の強度の変調電流 $i$ に対する関係を図4(a)の実線で示した。

【0071】なお、注入光の波長をFPモードに一致させると、注入光は変換用レーザの両端面で反射し続けクエンチング効果が大きくなり、光変換効率が最も向上するのであるが、本実施形態における注入光の波長は、FPモードの波長から少しずれている。しかし、 $\pm 0.01 \text{ nm}$ 以下のわずかなずれで足りるため、光変換効率が小さくなる等の影響は生じない。

【0072】以上のように、光変換効率の注入光波長依存性を利用して、2次の変調歪を補償することができることがわかる。

【0073】さて、このような注入光の波長の設定は、注入用レーザ13の動作温度やバイアス電流を調整する

【0061】

【数4】

$$C(\lambda) = 1 - C_2 \times \lambda^2$$

【0062】ここで、 $\lambda = \lambda_1 - \lambda_{FP}$ とおき、 $c_2 > 0$ である。さて、電流 $i$ で直接変調された注入用レーザの波長 $\lambda$ は、チャープピングによりわずかに変動している。この波長の変化 $\delta\lambda$ は、変調電流 $i$ に比例しており、つまり $\delta\lambda = b \times i$ と表されるので、 $\delta\lambda$ を微小量とすると、以下の(数5)が成り立つ。

【0063】

【数5】

【0065】

【数6】

ことよって行い得る。

【0074】動作温度を調整する場合には、まず変換用レーザ11と注入用レーザ13に、各々所定のバイアス電流を流してレーザ発振させる。

【0075】ついで、変調電気信号を注入用レーザ13に入力し、変調電気信号に対応した注入光を変換用レーザ11に注入し始める。

【0076】そして、変換用レーザ11から出射される変換光の強度が最大になるように、ペルチエ素子を用いた温度調整器16を用い、注入用レーザ13の動作温度を常温から約 $\pm 5^\circ\text{C}$ の範囲で変化させる。

【0077】すると注入光の波長が、約 $1 \text{ nm}$ の範囲内で変化していき、この中には、変換光の強度が最大になる波長、つまりFPモードに一致した波長が存在するから、その強度が最大となった注入光の波長を、一旦設定波長とする。

【0078】そして、このように光変換効率が最大になるように調整した後、変調歪を補償するためのより微小な調整を行う。

【0079】この歪補償のための調整は、FPモード波長からわずかに $\pm 0.01 \text{ nm}$ 程度変化させるだけで足りる。

【0080】この場合も、注入用レーザ13の動作温度やバイアス電流( $I_0$ )を変化させればよいが、本実施の形態では、光変換効率の調整と同じように、注入用レーザの動作温度の変化させて行なった。

【0081】そして、前述したように、変換光の変調信号の2次変調歪成分を最小とする注入光の波長を見だし、その波長を注入光の波長と設定する。

【0082】なお、この微小な波長の調整には、注入用レーザ13の動作温度が、ペルチエ素子を用いた温度調整器ではうまく調整しきれない場合があり、このような

場合にはバイアス電流を変化させた方がよい。

【0083】また、注入用レーザ13や変換用レーザ11の動作特性が変化する可能性があるときは、変調歪を検出する装置と波長制御装置を設け、各レーザへのフィードバック回路を介して、安定化することも可能である。

【0084】以上の構成に基づき、本実施の形態の変調歪補償半導体装置の動作について説明をする。

【0085】まず、変換用レーザ11と注入用レーザ13に、各々所定のバイアス電流を流してレーザ発振させる。ここで、注入光の波長 $\lambda_1$ の調整は、予め前述の内容に沿って行なっておくが、この波長 $\lambda_1$ は、FPモードの波長から0.01nm以下のずれに留まっているため、光変換効率が小さくなることはない。

【0086】ついで、変調電気信号を注入用レーザ13に入力し、変調電気信号に対応した注入光を、光サーキュレータ14を介して、変換用レーザ11に注入する。

【0087】ここで、変換用レーザ11の内部では、前述したように共振方向の両端面に低反射膜12を設けているために、その方向に複数のFPモードの光が生じている。

【0088】そして、変換用レーザ11は、注入光、つまり変調電気信号に対応し、かつその波長 $\lambda_2$ が注入光の波長 $\lambda_1$ よりも異なった変換光を出射する。

【0089】ついで、このように出射された変換光は、光サーキュレータ14を直進し、波長フィルタ15で混在している注入光を選択的にカットされた後出力される。

【0090】このように本実施の形態で得られた変換光は、注入用レーザ13への変調電流に対しては、図4(a)に示すような線形の関係性を有し、変換光の変調歪は、2次の項まで除去され、歪補償がなされていた。

【0091】以上のように、本実施の形態の変調歪補償半導体装置は、光変換効率の注入光波長依存性に注目して2次の変調歪の項を消滅させることにより、変調歪を補償した変換光を得る光変換を行なうものである。

【0092】さらに、変換用レーザにクエンチング効果を呈する半導体レーザを用いているため、効果的に変換光のチャージングが低減できることにもなる。

【0093】なお、3次以上の高次の変調歪も注目される場合には、(数5)で3次以上の項も考慮し、それらを低減できる波長設定をも行なえばよい。

【0094】また、注入用レーザの波長の調整の代わり

に、変換用レーザの波長の調整を行なって、同様の特性を得てもよいし、双方の波長の調整を行なってもよい。

【0095】また、光変換効率をより大きくすることが求められた場合には、変換用レーザの注入光が入射する手前に偏光調整器を設け、注入光の直線偏光の向きを変換用レーザのTE(transverse electric)モードに一致させるように調整すればよい。

【0096】また、注入用レーザへの戻り光が影響を及ぼす場合には、従来例と同様な光アイソレータを設けてもよい。

【0097】

【発明の効果】以上のように本発明によれば、低変調歪の高価なレーザや複雑な電気的回路を必要とせずに、2次等の変調歪を消去して歪補償がなされた光変換を行い、かつチャージングも低減し得るという効果が得られる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施の形態における変調歪補償半導体装置の構造図

【図2】同変調歪補償半導体装置の光変換効率の注入光波長依存性を示す図

【図3】(a)同変調歪補償半導体装置の注入用レーザの出力光の駆動電流依存性を示す図

(b)同変調歪補償半導体装置の注入用レーザの出力光の強度変化の変調電流依存性を示す図

【図4】(a)同変調歪補償半導体装置の変換用レーザの出力光の注入用レーザ変調電流依存性を示す図

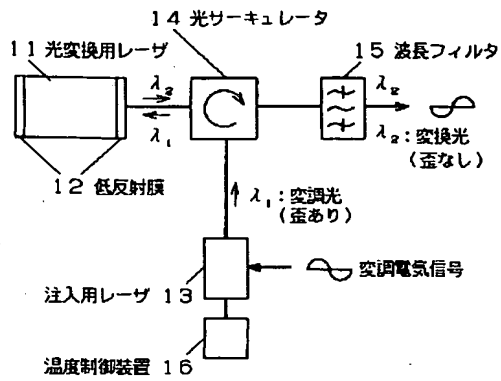
(b)同変調歪補償半導体装置の光変換効率の注入光波長依存性を示す図

【図5】従来の光注入を用いた光変調方式を示す図

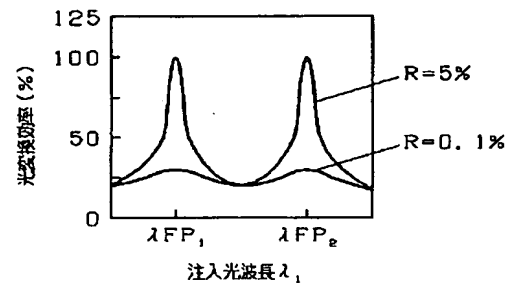
【符号の説明】

- 11 変換用半導体レーザ
- 12 低反射膜
- 13 注入用半導体レーザ
- 14 光サーキュレータ
- 15 波長フィルタ
- 16 温度制御装置
- 51 変換用半導体レーザ
- 52 低反射膜
- 53 注入用半導体レーザ
- 54 光アイソレーター
- 55 光サーキュレータ
- 56 波長フィルタ

【図 1】

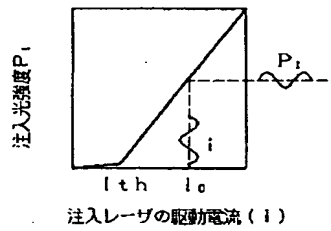


【図 2】



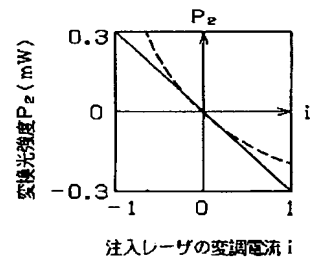
【図 3】

(a)

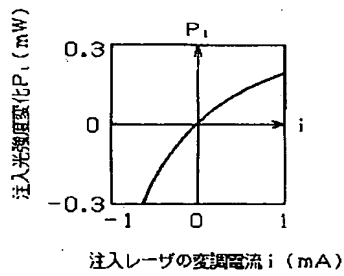


(a)

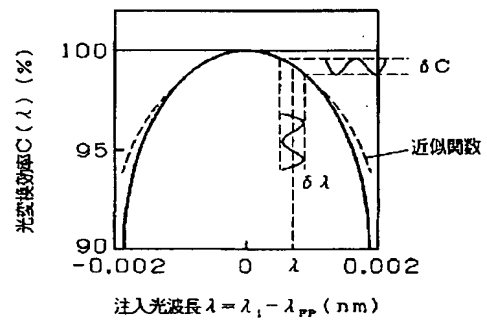
【図 4】



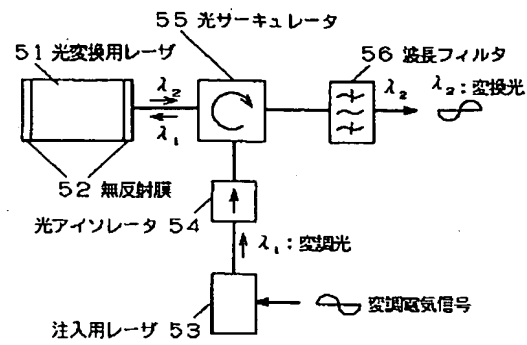
(b)



(b)



【図 5】



フロントページの続き

(72)発明者 武内 喜則

神奈川県川崎市多摩区東三田 3 丁目10番 1

号 松下技研株式会社内